

УДК 621.355.001.57

**СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ АСИММЕТРИЧНОГО ТОКА
НА ПРОЦЕСС ФОРМИРОВАНИЯ АККУМУЛЯТОРОВ**

Г. П. Сметанкин, А. С. Бурдюгов, Т. В. Плохова

*Всероссийский научно-исследовательский и проектно-конструкторский
институт электровозостроения (ОАО «ВЭЛНИИ»)*

г. Новочеркасск, Ростовская обл., Россия

E-mail: velnii@novoch.ru

Поступила в редакцию 26.04.2012 г.

Проведено сравнение влияния параметров асимметричного тока на продолжительность процесса формирования никель-кадмиевых аккумуляторов. По совокупности результатов формирования ёмкости аккумуляторов НКПЛГЦ-0,5 с тонкими прессованными электродами установлена перспективность применения асимметричного тока с параметрами, выбранными в ходе предшествующих экспериментов и примененными в данной работе. Форма тока, которая дала наибольший прирост ёмкости, имеет продолжительный зарядный импульс и короткий, с большой амплитудой разрядный импульс. В частности, применение асимметричного тока с такими параметрами при формировании аккумуляторов НКПЛГЦ-0,5 дало увеличение разрядной ёмкости по сравнению с формированием постоянным током на 16%.

Ключевые слова: никель-кадмиевый аккумулятор, формирование аккумуляторов, тонкие электроды, параметры асимметричного тока.

Comparison of influence of asymmetric current parameters on nickel-cadmium accumulators formation process time is carried out. According to the results of capacity formation of accumulators types NKPLHC-0,5 with thin extruded electrodes, we established good perspective for application of asymmetric current with parameters chosen during experiments and applied in this paper. Current waveform which gave the biggest capacity increase, has long charging impulse and short, with wide range, discharge impulse. In particular, application of asymmetric current with such parameters in the process of NKPLHC-0,5 accumulators formation resulted in increase of discharge capacity, compared with formation by direct current, by 16%.

Key words: nickel-cadmium accumulator, accumulator formation, thin electrodes, asymmetric current parameters.

ВВЕДЕНИЕ

После сборки аккумуляторов необходимо проведение определенного количества заряд-разрядных циклов для того, чтобы перевести электродную массу в активное состояние. Технологический процесс формирования ёмкости и фазового состава активной массы электродов (далее – формирования), требует значительных затрат времени и энергоресурсов. Интенсификация этого процесса является задачей, решаемой в настоящей работе.

Задача сокращения времени формирования наиболее актуальна для аккумуляторов с тонкими электродами, к числу которых относятся и прессованные электроды. Так, в соответствии с существующими на сегодняшний день нормативными требованиями формирование аккумуляторов с такими электродами по технологии, предусматривающей применение постоянного тока, продолжается длительное время.

Анализ факторов, ограничивающих интенсификацию электрохимических процессов в оксидноникелевом электроде (ОНЭ) [1], показал, что при разработке способов формирования ёмкости необходимо принимать во внимание факторы, способствующие сохранению физико-химических свойств никелевой основы пористого электрода. Увеличению коррозии ОНЭ способствуют рост температуры, повышение плотности тока и перекрытие устьев пор газовыми пробками в условиях интенсивного газовойделения. При поляризации асимметричным током обратный импульс препятствует росту пузырьков газа, что снижает вероятность образования газовых пробок в ОНЭ. Это приводит к более равномерному распределению тока по объему ОНЭ, выравниванию плотности тока по толщине электрода и, как следствие, снижению вероятности возникновения коррозии ОНЭ.

На основании исследований имитационной модели, представленных в работе [2], были определены диапазоны изменения параметров асимметричного тока, обеспечивающие равномерное распределение тока по толщине и площади электрода, а также взаимосвязь этих параметров: диапазон частот асимметричного тока $f = (4-10)$ Гц; соотношение амплитуд катодного (I_k) и анодного (I_a) импульсов $n = I_k / I_a = 3-5$; коэффициент заполнения катодного импульса $\gamma = (0.04-0.10)$; паузы между импульсами $\tau^+ = \tau^- = 2$ мс.

В работе [3] предлагается вести заряд асимметричным током, форма которого предполагает использование короткого зарядного импульса с большой амплитудой тока и длинного разрядного импульса с малой амплитудой тока. При этом амплитуда зарядного импульса в 27 раз превышает амплитуду разрядного импульса при средних значениях тока, численно равных от 5 до 7 номинальных ёмкостей ($C_{ном}$).

Целью представленной работы является сравнение вышеуказанных режимов формирования ёмкости никель-кадмиевых аккумуляторов и их оценка с точки зрения эффективности.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Негерметизированные заготовки аккумуляторов НКПлГЦ-0,5 были получены с завода изготовителя в открытом состоянии и в таком состоянии проходили формирование ёмкости. Конструкция аккумуляторов не позволила собирать выделяющийся газ. Перед началом экспериментов исследуемые аккумуляторы были

разделены на три группы по пять штук в каждой группе.

Группу № 1 заряжали постоянным током $I_{зар} = 0.05$ А, эквивалентным $0.1C_{ном}$. Заряд проводили в течение 30 ч (до $3C_{ном}$) [1]. Разряд проводили током $I_{разр} = 0.1$ А, эквивалентным $0.2C_{ном}$, до напряжения 1В. Процесс формирования проводили в течение шести зарядно-разрядных циклов (табл. 1).

Группы № 2 и № 3 формировали асимметричным током со средним значением 0.07 А, эквивалентным $0.14C_{ном}$, в течение 21.5 ч ($3C_{ном}$) первый цикл и током со средним значением 0.15 А, эквивалентным $0.29C_{ном}$ в течение 6.7 ч ($2C_{ном}$) последующие циклы.

Асимметричный ток при формировании имел следующие параметры: $f = 4$ Гц, $\tau^+ = \tau^- = 2$ мс. Для группы № 2 соотношение амплитуд катодного импульса к анодному и коэффициент заполнения катодного импульса соответствовали нижнему пределу из рекомендованного в работе [2]

При формировании аккумуляторов группы № 3 асимметричный ток имел параметры, рекомендованные в работе [3] для ускоренного формирования никель-кадмиевых аккумуляторов: $n = I_k / I_a = 1/27$, $\gamma^- = 0.8$.

Разряд проводили постоянным током $I_{разр} = 0.1$ А, эквивалентным $0.2C_{ном}$, до напряжения 1 В. Процесс формирования аккумуляторов групп № 2 и № 3 осуществляли до стабилизации разрядной ёмкости. Формирование закончили после проведения шести зарядно-разрядных циклов.

Таблица 1

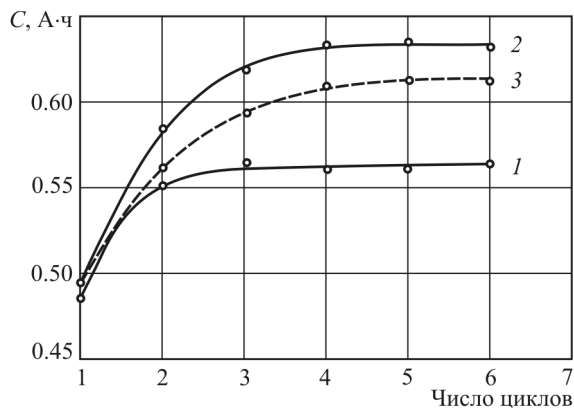
Значения средних, полных, амплитудных токов испытываемых режимов тока при формировании аккумуляторов НКПлГЦ-0,5

Режим для групп аккумуляторов		γ^-	n	$I_{ср}$, А	$I_{пол}$, А	I^+ , А	I^- , А
№ 1		0.00	0	0.050	0.050	0.050	0.000
№ 2	1 цикл	0.04	3	0.070	0.090	0.085	0.260
	2–6 циклы	0.04	3	0.150	0.190	0.180	0.530
№ 3	1 цикл	0.80	1/27	0.070	0.100	0.450	0.020
	2–6 циклы	0.80	1/27	0.150	0.200	0.940	0.040

Примечание. $I_{ср}$ – средний зарядный ток ($I_{ср} = I^+ \cdot \gamma^+ - I^- \cdot \gamma^-$); $I_{пол}$ – полный ток ($I_{пол} = I^+ \cdot \gamma^+ + I^- \cdot \gamma^-$).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На рисунке представлен усреднённый график изменения ёмкости при формировании аккумуляторов группы № 1 постоянным током. После третьего цикла ёмкость составила 0.56 А·ч ($1.12C_{\text{ном}}$). Дальнейшее формирование не привело к росту ёмкости.



Изменение разрядной ёмкости при формировании аккумуляторов НКПлГЦ-0,5: 1 – группа № 1, постоянный ток; 2 – группа № 2, асимметричный ток; 3 – группа № 3, асимметричный ток

Здесь же представлены усредненные графики изменения ёмкости аккумуляторов групп № 2 и № 3 при формировании этих аккумуляторов асимметричным током. Прирост ёмкости аккумуляторов группы № 2 наблюдался до четвертого цикла, по окончании которого её среднее значение составило 0.64 А·ч ($1.28C_{\text{ном}}$). Прирост ёмкости аккумуляторов группы № 3 продолжался до пятого цикла, среднее значение ёмкости для этой группы составило 0.61 А·ч ($1.22C_{\text{ном}}$). Последующие циклы формирования не привели к увеличению ёмкости (табл. 2).

Таблица 2

Ёмкости аккумуляторов после шести циклов формирования

Номера групп	Номер аккумулятора	$C_{\text{разр}}$, А·ч	$C_{\text{ср}}$, А·ч	$C_{\text{ср}}/C_{\text{ном}}$
1	1	0.59	0.56	1.12
	2	0.51		
	3	0.57		
	4	0.58		
	5	0.53		
2	6	0.66	0.64	1.28
	7	0.63		
	8	0.67		
	9	0.64		
	10	0.61		
3	11	0.62	0.61	1.22
	12	0.60		
	13	0.64		
	14	0.58		
	15	0.63		

Превышение разрядной ёмкости аккумуляторов группы № 2 составило 14 % по отношению к аккумуляторам группы № 1. При формировании аккумуляторов группы № 3 асимметричный ток имел короткий большой амплитуды зарядный импульс и продолжительный с меньшей амплитудой разрядный импульс. Разрядная ёмкость аккумуляторов группы № 3 оказалась выше на 9 % по отношению к аккумуляторам группы № 1.

Общее время заряда за шесть циклов формирования асимметричным током для групп № 2 и № 3 составило пятьдесят пять часов. Это примерно в три раза быстрее, чем при формировании аккумуляторов группы № 1 (сто восемьдесят часов). С учётом разрядов (время разряда принято равным пяти часам) и времени на отгазовку общее время формирования было сокращено более чем в два раза (табл. 3, 4).

Таблица 3

Суммарное время шести циклов формирования аккумуляторов НКПлГЦ-0,5, рассчитанное для группы № 1, ч

№ цикла	Время заряда	Время на отгазовку	Время разряда	Суммарное время цикла
1	30.0	1.0	5.0	36.0
2	30.0	1.0	5.0	36.0
3	30.0	1.0	5.0	36.0
4	30.0	1.0	5.0	36.0
5	30.0	1.0	5.0	36.0
6	30.0	1.0	5.0	36.0
Всего	Σ 180.0			Σ 216.0

Суммарное время шести циклов формирования аккумуляторов НКПлГЦ-0,5, рассчитанное для групп № 2 и № 3, ч

№ цикла	Время заряда	Время на отгазовку	Время разряда	Суммарное время цикла
1	21.5	1.0	5.0	27.5
2	6.7	1.0	5.0	12.7
3	6.7	1.0	5.0	12.7
4	6.7	1.0	5.0	12.7
5	6.7	1.0	5.0	12.7
6	6.7	1.0	5.0	12.7
Всего	Σ 55.0			Σ 91.0

Сравнивая значения параметров испытываемых режимов асимметричного тока, представленных в табл. 1, и анализируя полученные в ходе проведенных экспериментов результаты, можно отметить следующее (при равных значениях среднего тока формирования группы № 3 и группы № 2):

– амплитудное значение анодного импульса тока группы № 3 выше в 5.3 раза, чем амплитудное значение анодного импульса тока группы № 2;

– амплитудное значение анодного импульса тока группы № 3 в 1.8 раза выше амплитудного значения катодного импульса тока группы № 2, а следовательно, ниже затраты энергии на формирование тока заряда группы № 2.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Совокупность результатов формирования ёмкости аккумуляторов НКПлГЦ-0,5 с тонкими прессованными электродами позволяет говорить о перспективности применения асимметричного тока с параметрами, выбранными и примененными в данной работе.

В частности, применение асимметричного тока для формирования аккумуляторов НКПлГЦ-0,5 дало увеличение разрядной ёмкости по сравнению с формированием этих аккумуляторов постоянным током. Более эффективной оказалась форма асимметричного тока, примененная при

формировании аккумуляторов группы № 2, а именно форма тока с продолжительным зарядным импульсом и коротким разрядным импульсом большой амплитуды.

Вместе с этим применение асимметричного тока позволило провести заряд в ускоренном режиме, что снизило общее время формирования более чем в два раза по сравнению со временем формирования постоянным током (см. табл. 3 и 4).

По результатам исследований, проведенных в данной работе, можно сделать следующие выводы:

1) формирование аккумуляторов асимметричным током привело к сокращению времени формирования и увеличению разрядной ёмкости по сравнению с формированием этих аккумуляторов постоянным током;

2) более эффективным оказался асимметричный ток, примененный при формировании аккумуляторов группы № 2.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Матекин С. С. Формирование и восстановление ёмкости никель-кадмиевых аккумуляторов и батарей : дис. ... канд. техн. наук. Новочеркасск, 2007. 158 с.
2. Сметанкин Г. П., Матекин С. С., Бурдюгов А. С. // Электрохим. энергетика. Т. 9, № 1. 2009. С. 40–43.
3. Сушко В. Г. Применение асимметричного тока в производстве и эксплуатации никель-кадмиевых аккумуляторов : дис. ... канд. техн. наук. Новочеркасск, 1984. 170 с.